อัตราการเต้นของหัวใจกับการออกกำลังกายและการฝึกกีฬา

สุกัญญา เจริญวัฒนะ
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

บทคัดย่อ

อัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวแปรพื้นฐานสำคัญของการออกกำลังกายที่บ่งบอกความสัมพันธ์ของสมรรถภาพระบบหัวใจและหลอดเลือด การเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจมีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายประการเช่น เพศ, วัยเป็นต้น เมื่อมีการออกกำลังกายหัวใจจะทำงานมากขึ้นซึ่งเป็นผลการทำงานของระบบประสาทซิมพาธีติก, พาราซิมพาธีติก, การหลั่งแอดรินาลินและนอแอดรินาลินจากต่อมหมวกไต อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจากการออกกำลังกายนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการขนส่งออกซิเจนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นหรือเรียกว่าเป็นการเพิ่ม Oxygen consumption ($V^{\circ}O_2$) ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มสมรรถภาพในเชิงแอโรบิก การวัดอัตราการเต้นของหัวใจในการออกกำลังกายมี 2 วิธีได้แก่การวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่สัมผัสได้จากผิวหนังเช่นบริเวณข้อมือและการใช้เครื่องมือวัด โดยมีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจมีหลายแบบเช่นการวัดในขณะพัก, ขณะออกกำลังกายและการวัดอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด การวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักควรทำภายหลังการตื่นนอนตอนเช้าประมาณ 2-5 นาทีในขณะนอนบนเตียงและไม่มีการเคลื่อนไหว ใช้การนับอัตราการเต้นของหัวใจใน 60 วินาที โดยการวัด 3 วันแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อค่าที่แม่นยำ การสังเกตอัตราการเต้นหัวใจขณะพักที่เปลี่ยนแปลงมากกว่าหรือน้อยกว่า 10 ครั้งต่อนาทีในช่วงที่มีการฝึกซ้อมกีฬามักเกิดขึ้นจากการเจ็บป่วยและการฝึกซ้อมที่หนักเกินไป (overtraining) ควรแจ้งให้โค้ชหรือแพทย์ประจำทีมทราบเพื่อตรวจให้แน่ชัด อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเป็นตัวบ่งชี้ของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเมื่อมีการฝึกการออกกำลังกายในเชิงแอโรบิกเป็นระยะเวลา 3-6 เดือนที่ความหนักของงานต่ำกว่า 85 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (submaximal exercise) จะแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มีอัตราการเต้นของหัวใจลดลง 10-15 ครั้งต่อนาที การกำหนดความหนักของการออกกำลังกายสามารถกำหนดได้จากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่หัวใจสามารถบีบตัวได้ใน 1 นาที โดยตัวเลขที่แสดงร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะแสดงค่าความหนักของงานที่สามารถส่งผลกับระดับสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกัน โดยระดับความหนักจากค่าร้อยละ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดกับร้อยละของอัตราการขนส่งออกซิเจนของกล้ามเนื้อสูงสุด ($V^{\circ}O_2$ max) มีความแตกต่างกันของตัวเลขถึงร้อยละ 5-10 นักกีฬาและผู้ออกกำลังกายจึงควรใช้ค่าของการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพื่อการบ่งชี้การใช้ออกซิเจนของร่างกาย ดังนั้นการวางแผนการฝึกและการออกกำลังกายควรมีการติดตามอัตราการเต้นของหัวใจแต่ละบุคคลโดยการจดบันทึกทุกวัน เพื่อใช้ประกอบกับการจัดความหนักหรือความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการฝึกและการออกกำลังกาย โดยสามารถรักษาระดับความสมบูรณ์ของร่างกายและสมรรถภาพระบบหัวใจและหลอดเลือดให้คงสภาพได้

คำสำคัญ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ, การฝึกหนัก, อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก, อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย, อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด, อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

Abstract

Heart rate is a parameter of exercise that basically reflects cardiovascular fitness. Its can be varied from many factors such as gender, age etc. Besides the heart increase workload from exercise, it is affected from sympathetic & parasympathetic nervous system and adrenalin & noradrenalin hormones from adrenal glands. Therefore the increase of heart rate is relatives to oxygen consumption ($V^{\circ}O_2$) and aerobic capacity. Heart rate in exercise measuring 2 methods, they are palpation of skin takes from pulse area such as radial pulse and machine monitor. The unit is beats per minutes (bpm).

Heart rate of exercise indicators are resting heart rate; RHR, exercise heart rate; EHR, maximum heart rate; MHR. Firstly, resting heart rate should be taken after waking up in the morning 2-5 minutes, lying on the bed, no activity, and observe heart rate in 60 seconds. The average in 3 days is considerable. If athletes in training period find resting heart rate change over or lower 10 bpm, it may results in sickness or overtraining which should be consult coach and doctor. Secondly, exercise heart rate is an indicator for physiological adaptation from exercise. For training submaximal exercise (intensity lowers 85% maximum heart rate) 3-6 months, it can decrease heart rate 10-15 bpm which indicates that improvement of cardiovascular fitness. In short, exercise intensity can be planning from maximum heart rate, heart beat in 1 minute, and the percentage from maximum heart rate shows level of intensity that effect to different fitness. Classification of exercise intensity percentage from MHR is about 5-10 percentage less than percent $V^{\circ}O_2$ max which can encourage percentage $V^{\circ}O_2$ max indicate oxygen consumption to athlete and others . It can be conclude that training and exercise should be monitoring heart rate individual everyday, and planning proper intensity to maintain performance and cardiovascular fitness.

Keywords: Heart Rate Measurement, Overtraining, Resting Heart Rate (RHR), Exercise Heart Rate (EHR) , Maximum Heart Rate (MHR), $V^{\circ}O_2$ max

บทนำ

อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด

อัตราการเต้นของหัวใจ เป็นการแสดงถึงสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยความสามารถในการสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงร่างกายจาก 3 องค์ประกอบ คือ 1).อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจากการทำงานหนัก 2).ขนาดหัวใจและการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ และ 3).ขนาดของหลอดเลือด, ความยืดหยุ่นและการตีบแคบของหลอดเลือด เมื่อร่างกายมีการทำงานเพิ่มมากขึ้นเช่นการออกกำลังกายจะส่งผลให้การทำงานของหัวใจมีการเปลี่ยนแปลงจากศูนย์กลางในสมองส่วน medulla ที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ โดยการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจที่เป็นผลจากระบบประสาทซิมพาธีติก, พาราซิมพาธีติก รวมทั้งการหลั่งฮอร์โมนแอดรินาลีนและนอร์แอดรินาลีนจากต่อมหมวกไต

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจมีหลายประการเช่น เพศหญิงมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าเพศชายจากสาเหตุของการมีพื้นที่หน้าตัดของหัวใจน้อยกว่าเพศชายทำให้ stroke volume ต่ำมีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น, อายุ;ในวัยเด็กอัตราการเต้นของหัวใจจะสูงกว่าผู้ใหญ่ 20-30 ครั้งต่อนาที ทั้งในขณะพักและการทำงานที่ระดับ submaximal รวมทั้งจำนวนของฮีโมโกลบินน้อยทำให้การขนส่งออกซิเจนในเลือดมีจำกัด (ACSM, 2001), เชื้อชาติ; เช่นเด็กผิวดำมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจมากกว่าเด็กผิวขาว (Gutin et al., 2005), การเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน,ระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล ,สภาพอากาศร้อนหรือเย็น, อุณหภูมิที่เพิ่มจากการออกกำลังกายทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นเป็นผลจากการเผาผลาญเพิ่มขึ้น ความร้อนเพิ่มขึ้นหัวใจจึงต้องปั๊มเลือดมากขึ้นในการระบายความร้อนและนำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ, เสื้อผ้าที่ไม่ระบายความร้อนเช่นชุดยางของนักมวย (McArdle, Katch, & Katch, 2000), ปริมาณไขมันในร่างกายที่เป็นฉนวนกันความร้อน,และชนิดของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกกำลังกายถ้าเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่จะสามารถส่งผลดีกับสมรรถภาพของหัวใจ

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ผู้ออกกำลังกายและผู้เล่นกีฬาควรต้องพิจารณาคือการขาดน้ำของร่างกาย (Dehydration) ร่างกายปกติมีน้ำเป็นส่วนประกอบมากถึง 60-70% ของน้ำหนักตัว ขณะที่ร่างกายออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาสภาพน้ำในร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยเมื่อน้ำหนักตัวลดลง 1 กิโลกรัมจะมีผลกับสภาพน้ำในร่างกายลดลงทันที 1 มิลลิลิตร (Shirreffs, 2000) และส่งผลโดยตรงต่อปริมาณพลาสมาของร่างกายและระบบไหลเวียนของเลือดที่ทำหน้าที่ขนส่งสารอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ จากการสูญเสียน้ำเพียง 1%ของน้ำหนักร่างกายทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มมากขึ้น 7-8 ครั้งต่อนาที และปริมาณพลาสมาจะมีการปรับตัวเท่าเดิมหรือลดลง 8 มิลลิลิตรต่อการบีบตัวของหัวใจ 1 ครั้ง (Heaps, Gonzales-Alonso, Coyle, 1994) จึงส่งผลต่อสุขภาพและสมรรถภาพในการเล่นกีฬาโดยตรง การแนะนำนักกีฬาให้ดื่มน้ำและทดแทนน้ำให้เพียงพอจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง โดยการเตรียมพร้อมจากการดื่มน้ำตั้งแต่ก่อนการออกกำลังกาย ขณะออกกำลังกายและหลังจากออกกำลังกาย

เมื่อออกกำลังกายกระบวนการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจะเพิ่มมากขึ้น หัวใจเพิ่มการปั๊มเลือดและการขนส่งออกซิเจนในเซลล์ตลอดจนการกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญที่เพิ่มมากขึ้นออกจากร่างกาย โดยเงื่อนไขที่สำคัญของการออกกำลังกายคือการวางแผนให้ร่างกายทำงานอย่างเป็นระบบ

เพื่อให้ร่างกายสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เพื่อให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย นอกจากนี้การฝึกออกกำลังกายต้องมีการยืนระยะหรือการฝึกอย่างต่อเนื่อง ถ้าร่างกายขาดการฝึกหรือไม่ต่อเนื่องภายใน 4-8 สัปดาห์จะสูญเสียสมรรถภาพทางกายที่ฝึกไปทำให้การทำงานของร่างกายไม่สามารถทำได้เต็มประสิทธิภาพ หรือถ้าฝึกหนักเกินสภาพร่างกายก็อาจเกิดอาการอ่อนล้า, สมรรถภาพทางกายลดลงรวดเร็ว, อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเพิ่มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดสมรรถภาพในเชิงแอโรบิกโดยเมื่อมีการฝึกการออกกำลังกายเชิงแอโรบิกเป็นระยะเวลา 3-6 เดือนที่ความหนักของงานต่ำกว่า 85 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (submaximal exercise) จะแสดงผลเปลี่ยนแปลงระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มีอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักลดลง 10-15 ครั้งต่อนาที แสดงว่าสมรรถภาพในเชิงแอโรบิกและสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้นซึ่งแตกต่างจากอัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นจากปัจจัยทางจิตวิทยา เช่นความเครียดหรือการดูภาพยนตร์มีการเปลี่ยนแปลงการขนส่งเลือดในกล้ามเนื้อเพียงเล็กน้อยจึงไม่มีผลกับร่างกายในเชิงแอโรบิก (Burke, 1998)

จากคำถามเรื่องการทำงานสามารถเป็นการออกกำลังกายหรือไม่นั้น Fletcher และคณะได้ให้ความหมายของการเคลื่อนไหวจากการทำงาน (Occupational activity) ไว้ว่าความหนักของการทำงานที่เท่ากับการออกกำลังกายต้องมีการทำงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ด้วยการยกของหรือมีการใช้แรงต้านด้วยน้ำหนัก 20 ปอนด์ หรือประมาณ 10 กิโลกรัม โดยใช้เวลาในการทำงานนั้นต่อเนื่องกันอย่างน้อย 1 ชั่วโมง (Fletcher et al., 1995) ดังนั้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายหรือการออกกำลังกายเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายจึงควรมีการพิจารณาจากโดยองค์ประกอบสำคัญคือ 1).ความต่อเนื่องในการฝึกและออกกำลังกายเป็นวัน, สัปดาห์, เดือนหรือปี 2).ความหนักของการออกกำลังกายก็ต้องได้รับการวางแผนเพื่อให้เหมาะกับการพัฒนาของร่างกาย 3).ระยะเวลาที่ออกกำลังกายจากการใช้เวลามากหรือน้อยต่อเซตหรือชุดของการฝึก ล้วนเป็นข้อบ่งชี้สำคัญในการฝึกและออกกำลังกาย และ 4).ชนิดของการออกกำลังกายหรือการฝึกเช่นแบบแอโรบิกและแบบแอโรบิกก็จะทำให้การเลือกชนิดของการออกกำลังกาย ชนิดของการฝึกที่แตกต่างกัน สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายและต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจ

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจในการออกกำลังกายมี 2 วิธีวิธีแรกคือการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่สัมผัสได้จากผิวหนัง เป็นการนับอัตราการไหลของเลือดที่กระทบกับผนังของหลอดเลือดในแต่ละครั้งเรียกว่า การวัดชีพจร นิยมใช้การวางนิ้วชี้และนิ้วกลาง (ไม่นิยมใช้นิ้วหัวแม่มือเนื่องจากอาจเป็นอัตราการเต้นของหัวใจของผู้วัดเอง) โดยการสัมผัสชีพจรในการออกกำลังกายนิยมวัดบริเวณข้อมือ (Radial Artery) เนื่องจากสะดวกและเหมาะสมในขณะออกกำลังกาย โดยมีการจับเวลาหลายแบบเช่น การจับเวลา 10 วินาทีคูณด้วย 6 หรือการนับ 15 วินาทีแล้วคูณด้วย 4 และการนับ 30 วินาทีแล้วคูณด้วย 2

วิธีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบที่ 2 คือการใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้แก่ การใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าหัวใจ electrocardiogram (ECG/ EKG) โดยการติดแผ่นนำกระแสไฟฟ้าที่หน้าอกตลอดการออกกำลังกาย สามารถวัดได้อย่างแม่นยำแต่ผู้ใช้ควรมีความรู้ความชำนาญในการแปรผลจากกราฟที่แสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อร่างกายมีการฝึกหรือออกกำลังกายจะสามารถสังเกตอัตราการเต้นของหัวใจได้แก่

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate; RHR)
2. อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (Exercise Heart Rate; EHR)
3. อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR)
4. อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MHR), อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V^{\circ}O_2$ max) และการรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE)

1). อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate; RHR)

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเป็นการประเมินสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาและผู้ที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอรวมถึงสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของวัยผู้ใหญ่อยู่ในช่วง 60-80 ครั้งต่อนาที และวัยเด็กจะสูงกว่าผู้ใหญ่ประมาณ 20-30 ครั้งต่อนาทีทั้งในขณะพักและออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจในวัยเด็กจึงมีค่าปกติช่วง 80-100 ครั้งต่อนาที เมื่อมีการฝึกความอดทน (endurance)ในช่วงแรกอัตราการเต้นหัวใจจะลดลงอาทิตย์ละ 1 ครั้งต่อนาทีและเมื่อ 10 อาทิตย์ผ่านไปหลังจากการฝึกแบบ moderate endurance training อัตราการเต้นของหัวใจจะลดลงจาก 80 เป็น 70 ครั้งต่อนาทีโดยพบว่าผลของการฝึกทำให้มีการทำงานของระบบพาราซิมพาธีติกของหัวใจเพิ่มขึ้นและระบบซิมพาธีติกจะลดการทำงานลง (Wilmore& Costill, 2004) และค่าแสดงว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ปรับตัวแล้วของวัยเด็ก, วัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ช่วง 65-70 ครั้งต่อนาที (ACSM, 2001) ดูจากตารางที่1(ภาคผนวก)

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักที่เปลี่ยนแปลงในขณะมีการฝึกซ้อมของนักกีฬามักเกิดขึ้นจากการเจ็บป่วยและการฝึกซ้อมที่หนักเกินไป การวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักควรทำภายหลังการตื่นนอนตอนเช้าประมาณ 2-5 นาทีในขณะนอนบนเตียงและไม่มีการเคลื่อนไหว ใช้การนับอัตราการเต้นของหัวใจใน 60 วินาที โดยการวัด 3 วันแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อค่าที่แม่นยำ(Lehmann, 1997)

2). อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (Exercise Heart Rate; EHR)

เมื่อร่างกายมีการออกกำลังกายระบบการเผาผลาญของกล้ามเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นทำให้มีการกระตุ้นจากระบบประสาทให้หลอดเลือดมีการบีบตัวเพิ่มมากขึ้นเพื่อการนำเลือดกลับสู่หัวใจ ดังนั้นการทำงานประสานกันของกระบวนการเคมี, ระบบประสาทและฮอร์โมนจึงมีผลกับการเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ นอกจากนี้อัตราการเต้นของหัวใจยังขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายประการได้แก่ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัว 1 ครั้ง (Stroke volume), ปริมาณเลือดของหัวใจที่บีบตัวต่อ 1 นาที (Cardiac output), ความดันโลหิต การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรของระบบหัวใจและระบบไหลเวียนที่เป็นผลจากการออกกำลังกายเมื่อเพิ่มความหนักของงานแสดงในภาพที่ 1 (ภาคผนวก)

อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเป็นการตัดสินว่าการทำงานมีความหนักเพียงพอกับการสร้างสมรรถภาพทางกายที่ระดับใด ดังนั้นจึงควรมีการสังเกตอัตราการเต้นของหัวใจด้วย โดยการจับชีพจรบริเวณข้อมือ (Radial Artery) ใช้การจับเวลา 10 วินาทีคูณด้วย 6 หรือการนับ 15 วินาทีแล้วคูณด้วย 4 แล้วจดบันทึกของแต่ละบุคคล โดยการสังเกตอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายจะเป็นตัวบ่งชี้ความหนักของการออกกำลังกายเพื่อช่วยในการปรับเพิ่มหรือลดงานที่กระทำในขณะออกกำลังกายร่วมกับการคำนวณจากร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

3. อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR)

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นตัวเลขที่วัดได้ของแต่ละบุคคลในขณะออกกำลังกาย โดยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดหมายถึงจำนวนครั้งที่หัวใจสามารถบีบตัวใน 1 นาที เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจะเป็นตัวแปรที่สำคัญของการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าของหัวใจที่ SA Node และ Bundle of His และสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่สำคัญคือการลดลงจากการกระตุ้นของ beta -1 receptors ที่มีผลจากการกระตุ้นของสารแคทธิโคลามีน ทำให้เกิดผลกับอัตราการไหลเวียนเลือดที่หัวใจห้องล่างช้าลง (slowing the rate of ventricular filling) และการคลายตัวของหัวใจมีระยะยาวนานขึ้น(prolong diastolic) ดังนั้นการคิดอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดของผู้สูงอายุมากกว่า 65 ปีจากการคำนวณจากสูตร 220 - อายุจึงมักต่ำกว่าการคำนวณถึง 10-15 ครั้งต่อนาที (ACSM, 2001) การนำอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดมาใช้เพื่อการจัดความหนักหรือความเข้มข้นในการฝึกการออกกำลังกายและการแข่งขันโดยมีการจัดลำดับความหนักของการออกกำลังกายดังตารางที่ 2 (ภาคผนวก)

การวัดอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดวิธีที่ดีที่สุดคือการใช้เครื่องมือเพื่อวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเหตุผลของความชำนาญในการใช้เครื่องมือ ความไม่สะดวก และเครื่องมือราคาแพง จึงใช้การทำนายผลจากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยผลจากการคำนวณสามารถนำมาเป็นตัวบ่งชี้ความหนักและความเข้มข้นของการออกกำลังกาย (Intensity) ได้ดังนี้

วิธีที่ 1 การทำนายอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Predicted Maximum Heart Rate)

สูตรอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR) = 220- อายุ หน่วยที่ได้เป็นครั้งต่อนาที (beats per minute; bpm)

ตัวอย่างในการคำนวณ นายสมศักดิ์ อายุ 40 ปี ต้องการออกกำลังกายแบบเบา-ปานกลางเพื่อสุขภาพ (low-moderate intensity) ที่ความหนัก 60 % ของ MHR ควรรักษาระดับการเต้นของหัวใจอยู่เท่าไร?

ขั้นตอนที่ 1 อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR) = 220- 40 =180

ขั้นตอนที่ 2 ที่ความหนัก 60 % ของ MHR=180 x 60/100 หรือ 180 x .6=108 ครั้งต่อนาที

ดังนั้นสมศักดิ์ต้องรักษาอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดอยู่ที่ 108 ครั้งต่อนาทีนานอย่างน้อย 30 นาทีเพื่อให้ร่างกายมีการปรับสมรรถภาพได้ตามวัตถุประสงค์ ดูได้จากตารางที่ 3 (ภาคผนวก) ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงให้เห็นว่าอัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมายจากตารางช่องกลางจะแสดงช่วงจังหวะการเต้นของหัวใจที่ความหนัก 50-75 % ของ MHR โดยเป็นตัวกำหนดความหนักของงานที่ใช้ขณะออกกำลังกาย การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพมีการจัดความหนักและความเข้มข้นของงาน(Intensity) เพียงอย่าง

เดียวไม่ได้ต้องมีการจัดระยะเวลาในการออกกำลังกายในแต่ละครั้ง (duration), ความบ่อยครั้งของการออกกำลังกายในแต่ละอาทิตย์ (frequency), และการพิจารณาชนิดของการออกกำลังกาย (type) ประกอบด้วยเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและส่งผลให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเกิดการพัฒนาร่างกาย

วิธีที่ 2 ช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ Karvonen Formula (Heart Rate Range; HRR)

เป็นการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจที่ใช้ในการฝึกที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งโดยค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นช่วงของอัตราการเต้นของหัวใจที่คำนวณจากความหนักของงานที่หนักน้อยที่สุดจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจที่คำนวณจากความหนักของงานที่หนักมากที่สุด ผลที่ได้จะนำมาใช้ในการวางแผนการฝึกให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของนักกีฬา

สูตร อัตราการเต้นของหัวใจที่ใช้ในการฝึก (Training Heart Rate) ของ Karvonen

= (MHR- RHR) x (Intensity) + RHR

ตัวเลขแทนค่าได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR),

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate; RHR), ความหนักของการออกกำลังกายและการฝึก (Intensity) ตัวอย่างนายสมศักดิ์อายุ 20 ปี อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก 75 ครั้งต่อนาที ความหนักของการออกกำลังกายและการฝึกที่ระดับ 50-75% สมศักดิ์ควรมีอัตราการเต้นของหัวใจในการฝึกอยู่ในช่วงเท่าไรโดยมีตัวอย่างแสดงการคำนวณดังตารางที่ 4 (ภาคผนวก) พบว่าจากสูตรของ Karvonen การฝึกที่ระดับ 50-75% สมศักดิ์ควรมีอัตราการเต้นของหัวใจในการฝึกอยู่ในช่วง 138-168 ครั้งต่อนาที

4). อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MHR), อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V^{\circ}O_2$ max) และการรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE)

อัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการขนส่งออกซิเจนในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นหรือเรียกว่า Oxygen consumption ($V^{\circ}O_2$) โดยสามารถคำนวณค่าของการขนส่งออกซิเจนในกล้ามเนื้อสูงสุดได้โดยการนำอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (Exercise Heart Rate; EHR), อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate; RHR)และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR) มาคำนวณจากสูตรดังนี้(ประทุม ม่วงมี, 2545)

$$\text{สูตร } \%\ V^{\circ}O_2 \text{ max} = \frac{\text{EHR - RHR}}{\text{MHR - RHR}}$$

การเทียบค่าความหนักของงานจากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MHR), อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V^{\circ}O_2$ max) และการรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE) แสดงในตารางที่ 5 ภาคผนวก โดยการเทียบค่าความหนักของงานโดยส่วนใหญ่ในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพสามารถการกำหนดความหนักของการออกกำลังกายได้จากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่แสดงค่าของหัวใจสามารถบีบตัวได้ใน 1 นาที โดยตัวเลขที่แสดงร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดจะแสดงค่าความหนักของงานที่สามารถส่งผลกับระดับสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกันจากร้อยละของอัตราการขนส่งออกซิเจนของกล้ามเนื้อสูงสุด ($V^{\circ}O_2$ max) จากความแตกต่างกันของตัวเลขร้อยละ 5-10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปรียบเทียบการทำงานหรือการออกกำลังกายที่ความหนักร้อยละ 50 ของอัตราการเต้นหัวใจ

สูงสุดไม่ได้หมายความว่าได้ความจุของงาน (work capacity) เท่ากับการออกกำลังกายที่ร้อยละ 50 ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

นอกจากนี้การใช้ค่าของการรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE) ที่มีการบอกความเหนื่อยตามสเกลที่ใช้วัดจากค่าน้อยไปมากนั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ (Hasketh, et. Al., 1992) โดยอัตราการเต้นของหัวใจและการรับรู้ความเหนื่อยในขณะที่มีการออกกำลังกายนั้นเกิดขึ้นได้จากภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, ภาวะการอดนอน, การได้รับยากลุ่มเบต้า (beta-adrenergic blockade), ปัจจัยทางจิตวิทยาและการออกกำลังกายที่มีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน ดังนั้นอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงเพียงอย่างเดียวนั้นไม่มีผลกับการกระตุ้นการรับรู้ความเหนื่อยโดยตรง นอกจากนี้จำนวนตัวแปรที่ส่งผลทางสรีรวิทยาและจิตวิทยาที่ส่งผลกับการรับรู้ความเหนื่อยนั้นยังขึ้นอยู่กับความหนักของงานที่ได้กระทำด้วย (Martin & Anderson, 2000)

ดังนั้นเพื่อให้ค่าที่แน่นอนและเป็นสากล นักกีฬาและผู้ออกกำลังกายจึงควรใช้ค่าของการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพื่อบ่งชี้การใช้ออกซิเจนของร่างกายเนื่องจากการใช้อัตราการเต้นของหัวใจเพื่อเป็นดัชนีสุขภาพที่สำคัญยังไม่ดีเท่ากับการวัดการขนส่งของออกซิเจนของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นสูงสุดของการออกกำลังกาย ($V^{\circ}O_2$ max) ซึ่งเป็นการวัดอัตราการเผาผลาญของร่างกายโดยตรง โดยค่าที่ได้จะแน่นอนกว่าและส่วนใหญ่ต้องทำในห้องทดลองที่เป็นการวัดค่าจากเครื่องมือ ค่าร้อยละของการขนส่งออกซิเจนในกล้ามเนื้อสูงสุดหรือเรียกว่า $\%V^{\circ}O_2max$ ในคนทั่วไปกับนักกีฬามีค่าแตกต่างกันในตารางที่ 6 (ภาคผนวก)

ในการวางแผนการฝึกและการออกกำลังกายนั้น ผู้ฝึกสอน, และแพทย์ประจำทีมควรมีประวัติของนักกีฬา การตรวจ EKG, การบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจจากอดีตจนถึงปัจจุบันและควรมีการติดตามอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละบุคคลโดยการจดบันทึกทุกวัน เพื่อใช้ประกอบกับการจัดความหนักหรือความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการฝึกและการออกกำลังกาย โดยสามารถรักษาระดับความสมบูรณ์ของร่างกายและสมรรถภาพระบบหัวใจและหลอดเลือดให้คงสภาพได้

อัตราการเต้นของหัวใจและการฝึกซ้อมที่หนักเกินไป (Overtraining)

การฝึกซ้อมที่หนักเกินไป (Overtraining) หมายถึงความไม่สมดุลของการฝึกซ้อมแข่งขันมีมากกว่าระยะพักฟื้น การเผาผลาญพลังงานมีมากกว่าการสร้างพลังงาน (catabolism>anabolism) โดยปรากฏความไม่สมดุลในร่างกายหลายประการเช่นการขาดไกลโคเจน, ระบบประสาทและต่อมไร้ท่อทำงานไม่สมดุล, ความไม่สมดุลของกรดอะมิโน, และระบบประสาทอัตโนมัติมีการเปลี่ยนแปลง ถ้าเกิดภาวะการฝึกซ้อมที่หนักเกินไปในช่วงสั้นประมาณ 1-3 อาทิตย์เรียกว่า Overreaching สามารถพบได้ในนักกีฬาทั่วไป

ผลของการฝึกซ้อมที่หนักเกินไปจากความไม่สมดุลของระบบการเผาผลาญ สามารถส่งผลให้เกิดความผิดปกติให้กับอวัยวะต่างๆของร่างกายดังนี้ 1. การลดลงของตัวกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ 2. การยับยั้งสาร แอลฟา มอเตอร์นิวรอน (Hypothetic) 3. การลดของ ACTH (cortisol release) และการเพิ่มขึ้นของ GHRH (GH release) ทำให้เกิดผลกับ more anabolic endocrine responsibility 4. ความเข้มข้นของ beta-adrenoreceptor ลดลงทำให้ส่งผลกับ cathecolamine 5. การลดลงของ Intrinsic sympathetic activity 6 การเปลี่ยนแปลงของตัวป้องกันเซลล์มีการเพิ่ม HSP 70 ทำให้เซลล์

ถูกทำลายเพิ่มมากขึ้น (Lehmann, et.al., 1997) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนส่งผลกับสมรรถภาพทางกายและการฝึกของนักกีฬา

ในการฝึกแบบเป็นช่วงสลับกับการพัก (Interval training) โดยใช้การฝึกแบบhigh intensity (ที่ความหนักของงานมากกว่า 85 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) ทำให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อและข้อต่อสะสมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจที่กำหนดไว้จากการฝึก (Martin & Anderson, 2000) และเมื่อมีการสะสมในระยะเวลานานในช่วง 3 สัปดาห์ที่มีการฝึกหนักจะทำให้เกิดภาวะหมดไฟ (burnout) ทำให้นักกีฬาเลิกเล่นกีฬาและทำให้เกิดกลุ่มอาการของการฝึกซ้อมหนัก (overtraining syndrome)

กลุ่มอาการของการฝึกซ้อมหนัก (overtraining syndrome)ได้แก่ การขาดทักษะและความสามารถอย่างถาวร, ความล้าอย่างถาวร, ความผิดปกติทางอารมณ์, การติดเชื้อเพิ่มขึ้น และนักกีฬาไม่สามารถพัฒนาทักษะทางกีฬาเพิ่มขึ้นได้ ระยะเวลาในการเกิดภาวะกลุ่มอาการฝึกซ้อมหนักเกินนี้อยู่ในช่วง 3 สัปดาห์ที่มีการฝึกแบบหนักมาก (high training load level) ที่เป็นการฝึกความอดทน (endurance training) สาเหตุสำคัญคือการฝึกที่ซ้ำกันและน่าเบื่อ ตลอดจนการฝึกที่มีความหนักมากเกินไปและจากปัจจัยด้านจิตวิทยาการฝึกก็สามารถพัฒนาทำให้เกิดเป็นกลุ่มอาการของการฝึกซ้อมที่หนักเกินได้ (Noble & Robertson, 1992)

การเปรียบเทียบกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่มีการฝึก(during internal session) เช่นเมื่อมาตรฐานของนักกีฬาเมื่อเหนื่อยเต็มที่ (standard effort) มีอัตราการเต้นของหัวใจ 170-180 ครั้งต่อนาที ลดลงเป็น 150-160 ครั้งต่อนาทีแสดงให้เห็นว่าควรมีช่วงของการพักมากขึ้นจากอาการแสดงของความไม่พร้อมของนักกีฬาที่จะฝึกหนักในชุดของการฝึก ควรแจ้งให้โค้ชหรือแพทย์ประจำทีมทราบเพื่อตรวจให้แน่ชัดว่าเกิดความไม่สมดุลระหว่างการฝึกซ้อมแข่งขันที่มีมากกว่าระยะพักฟื้นหรือไม่ โดยผลที่เกิดจากการฝึกซ้อมที่หนักเกินและระยะพักไม่สมดุลล้วนทำให้เกิดความผิดปกติอย่างมากมายแก่ร่างกายดังนั้นการควบคุมการฝึกและการออกกำลังกาย นักกีฬาควรได้รับการสังเกตและจดบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันที่ฝึกซ้อม จะเป็นการป้องกันภาวะการฝึกซ้อมที่หนักเกินไปของนักกีฬา

ดังนั้นเมื่อร่างกายมีการฝึกหรือออกกำลังกายจะสามารถสังเกตอัตราการเต้นของหัวใจได้หลายแบบเช่น อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting Heart Rate; RHR), อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (Exercise Heart Rate; EHR), อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum Heart Rate; MHR) โดยสามารถเลือกนำมาใช้ให้เหมาะกับแต่ละช่วงของการฝึกกีฬาและการออกกำลังกายเพื่อให้ผลการฝึกและการออกกำลังกายเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

สรุป

อัตราการเต้นของหัวใจขึ้นอยู่กับ Stroke volume และ Cardiac output ที่เปลี่ยนแปลง การลดลงของ Stroke volume ที่เป็นผลมาจากการฝึกออกกำลังกายลดลงตลอดจนความหนักของงานที่ใช้ในการออกกำลังกายไม่พอร่วมกับปัจจัยของการตีบแคบของหลอดเลือด สามารถส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเต้นของหัวใจ ปัจจัยอื่นได้แก่การใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่มีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าการใช้กล้ามเนื้อมัดเล็ก, เพศหญิงมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าเพศชายจากสาเหตุของการมีพื้นที่หน้าตัดของหัวใจน้อยกว่าเพศชาย

ทำให้ stroke volume ต่ำมีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น, อายุและวัยที่แตกต่างกันทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเปลี่ยนแปลง, การเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน, สภาพอากาศร้อนหรือเย็น, อุณหภูมิที่เพิ่มจากการออกกำลังกายทำให้เกิดการกระจายของเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและการรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพปกติจากการระบายความร้อนผ่านเหงื่อ, ภาวะขาดน้ำ, ชนิดของเสื้อผ้า สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

การออกกำลังกายที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดโดยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดมีค่าลดลงจากการทำนายได้แก่อายุที่เพิ่มมากขึ้นมีผลโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าของหัวใจที่ SA node และ Bundle of His และสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการลดลงจากการกระตุ้นของ beta-1 receptors ที่มีผลจากการกระตุ้นของสารแคทธิโคลามีน ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดที่ลดลงทำให้การส่งเลือดไปเลี้ยงร่างกายไม่ดี การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นพอเหมาะในระดับปานกลาง 60-80% ของ MHR จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือดโดยมีการเพิ่มการไหลเวียนของหลอดเลือดใหญ่ไปสู่หลอดเลือดฝอยได้ดีมากขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายเมื่ออายุมากกว่า 35 ปี พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของเซลล์ไขมัน, การลดลงของปริมาณกล้ามเนื้อ, และระบบการทำงานของระบบหัวใจและระบบหลอดเลือดมีความเสื่อมมากขึ้น ดังนั้นการออกกำลังกายจึงเป็นการรักษามวลกล้ามเนื้อและคงสภาพความสมบูรณ์ของร่างกายได้ยาวนานขึ้น

การประเมินผลของการออกกำลังกายจากอัตราการเต้นของหัวใจที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยการวัดโดยตรงจากความหนักของงานที่กระทำโดยมีผลกับการเผาผลาญในร่างกาย การวัดอัตราการเต้นของหัวใจในการออกกำลังกายมี 2 วิธีวิธีแรกคือการวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่สัมผัสได้จากผิวหนัง เป็นการนับอัตราการไหลของเลือดที่กระทบกับผนังของหลอดเลือดในแต่ละครั้งเรียกว่า การวัดชีพจร นิยมวัดบริเวณข้อมือ (Radial Artery) เนื่องจากสะดวกและเหมาะสมในขณะออกกำลังกาย โดยมีการจับเวลาหลายแบบ เช่น การนับ 15 วินาทีแล้วคูณด้วย 4 และการนับ 30 วินาทีแล้วคูณด้วย 2 การวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบที่ 2 คือการใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้แก่ การใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าหัวใจ EKG จะสามารถวัดได้อย่างแม่นยำแต่ผู้ใช้ควรมีความรู้ความชำนาญในการแปรผลจากกราฟที่แสดงผลอัตราการเต้นของหัวใจ

อัตราการเต้นของหัวใจกับการฝึกและการออกกำลังกายได้แก่อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (RHR), อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย (EHR) และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (MHR) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักมีการวัดภายหลังการตื่นนอนตอนเช้าประมาณ 2-5 นาทีในขณะนอนบนเตียงและไม่มีการเคลื่อนไหว ใช้การนับอัตราการเต้นของหัวใจใน 60 วินาที โดยการวัด 3 วันแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อค่าที่แม่นยำ (Lehmann, 1997) เป็นการประเมินสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาและผู้ที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอรวมถึงสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหลอดเลือด วัยผู้ใหญ่มีค่าปกติของอัตราการเต้นหัวใจขณะพักอยู่ในช่วง 60-80 ครั้งต่อนาที โดยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักที่เปลี่ยนแปลงในขณะมีการฝึกซ้อมของนักกีฬามักเกิดขึ้นจากการเจ็บป่วยและการฝึกซ้อมที่หนักเกินไป

อัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของการเพิ่มและลดงานที่กระทำในขณะออกกำลังกาย (work load) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นตัวเลขที่วัดได้ของแต่ละบุคคลในขณะ

ออกกำลังกาย โดยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดหมายถึงจำนวนครั้งที่หัวใจสามารถบีบตัวใน 1 นาทีโดยมีอายุเป็นตัวแปรที่สำคัญ การนำอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดมาใช้เพื่อการจัดความหนักหรือความเข้มข้นในการฝึกการออกกำลังกายและการแข่งขันมีการคำนวณ 2 วิธีคือการทำนายอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Predicted Maximum Heart Rate) และการวัด ช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ Karvonen Formula (Heart Rate Range; HRRโดยค่าที่ได้จากการคำนวณเป็นช่วงของอัตราการเต้นของหัวใจที่คำนวณจากความหนักของงานที่หนักน้อยที่สุดจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจที่คำนวณจากความหนักของงานที่หนักมากที่สุด การใช้อัตราการเต้นของหัวใจเพื่อเป็นดัชนีสุขภาพที่สำคัญยังไม่ดีเท่ากับการวัดการขนส่งของออกซิเจนของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นสูงสุดของการออกกำลังกาย($V^{\circ}O_2$ max) ซึ่งเป็นการวัดอัตราการเผาผลาญของร่างกายโดยตรงมีค่าแน่นอนและส่วนใหญ่ต้องทำในห้องทดลองที่เป็นการวัดจากเครื่องมือ มีการใช้ค่าของการรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE) ที่มีการบอกความเหนื่อยตามสเกลที่ใช้วัดจากค่าน้อยไปมากนั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ

ในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพที่ดีควรมีการวางแผนการออกกำลังกายหรือการฝึกนักกีฬาโดยการคำนวณร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อการจัดความหนักหรือความเข้มข้นในการฝึก (intensity) เพื่อให้การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพหรือการฝึกเพื่อการแข่งขันบรรลุตามวัตถุประสงค์และมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ชัดเจน นอกจากนี้การออกกำลังกายในแต่ละครั้งต้องมีระยะเวลาในการออกกำลังกายที่เพียงพอ (duration), ความบ่อยในการออกกำลังกายในแต่ละสัปดาห์ (frequency) และชนิดของการออกกำลังกาย (type) ยังเป็นตัวกำหนดความเหมาะสมในการออกกำลังกายอย่างมีประสิทธิภาพด้วย

ภาคผนวก

ตารางที่1 แสดงค่าอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละวัย

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)		อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของวัยผู้ใหญ่ (ครั้งต่อนาที)	อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของวัยเด็ก (ครั้งต่อนาที)	ค่าที่แสดงว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ปรับตัวจากการฝึกของวัยเด็ก, วัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ (ครั้งต่อนาที)
≤ 58	Excellent	ค่าปกติ 60-80	ค่าปกติ 80-100 มากกว่าผู้ใหญ่ 20-30 ครั้งต่อนาที ทั้งในขณะพักและออกกำลังกาย	65-70
60-69	Good			
70-79	Average			
80-89	Fair			
≥ 90	Poor			

ตารางที่ 2 แสดงความหนักของการออกกำลังกายจากร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

ความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity)	ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (% ของ Maximm heart rate)
ระยะเริ่มต้นหรือการออกกำลังกายแบบเบา	50-60
การออกกำลังกายแบบปานกลางเพื่อสุขภาพ หรือบุคคลทั่วไป	60-80
การออกกำลังกายแบบหนักหนามากหรือนักกีฬา	80 ขึ้นไป

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างอัตราการเต้นของหัวใจตามเป้าหมายและอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

อายุ ปี	ช่วงจังหวะการเต้นของหัวใจที่ความหนัก 50-75% ของ MHR (ครั้งต่อนาที)	อัตราการเต้นของหัวใจที่ความหนัก 100% ของ MHR (ครั้งต่อนาที)
35	93 - 138	185
40	90 - 135	180
50	85 - 127	170
60	80 - 120	160
70	75 - 113	150

หมายเหตุ: *ผู้ที่มีความดันโลหิตสูงและผู้เป็นโรคหัวใจอาจมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่ำกว่านี้เนื่องจากยาที่ได้รับ จึงควรปรึกษาแพทย์และนักสรีรวิทยาก่อนออกกำลังกาย*

ตารางที่ 4 การคำนวณช่วงของอัตราการเต้นของหัวใจที่ใช้ในการฝึกของ Karvonen

ขั้นตอนการทำ	ค่าที่ได้
1. หา MHR = 220 - อายุ 2. หาอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (RHR) จากการจับชีพจรหลังตื่นนอน 3 วันแล้วเฉลี่ย 3. ความหนักของการออกกำลังกายและการฝึก (In) โดยการทำเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง 4. แทนค่าในสูตร (MHR-RHR) x (Intensity) + RHR	1. หา MHR = 220-20=200 2. RHR = 75 ครั้งต่อนาที 3. 50/100 = .50, 75/100 = .75 4. การฝึกที่ 50% (minimum intensity) (200-75) x (.50) + 75 = 138 ครั้งต่อนาที การฝึกที่ 70% (minimum intensity) (200-75) x (.75) + 75 = 168 ครั้งต่อนาที

ตารางที่ 5 การเทียบค่าความหนักของงานจากร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Percent MHR), ร้อยละของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($V^{\circ}O_2$ max) และการรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE) (Burke,1998)

ความหนักของงาน (Classification of Intensity)	ร้อยละของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Percent MHR)	ร้อยละของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Percent $V^{\circ}O_2$ max)	การรับรู้ความหนักของงาน (Perceived Exertion Scale or Borg's Scale; RPE)
Very light	<35	<30	<9
Light	35-59	30-49	10-11
Moderate	60-79	50-74	12-13
Heavy	80-89	75-84	14-15
Very heavy	>90	>85	>16

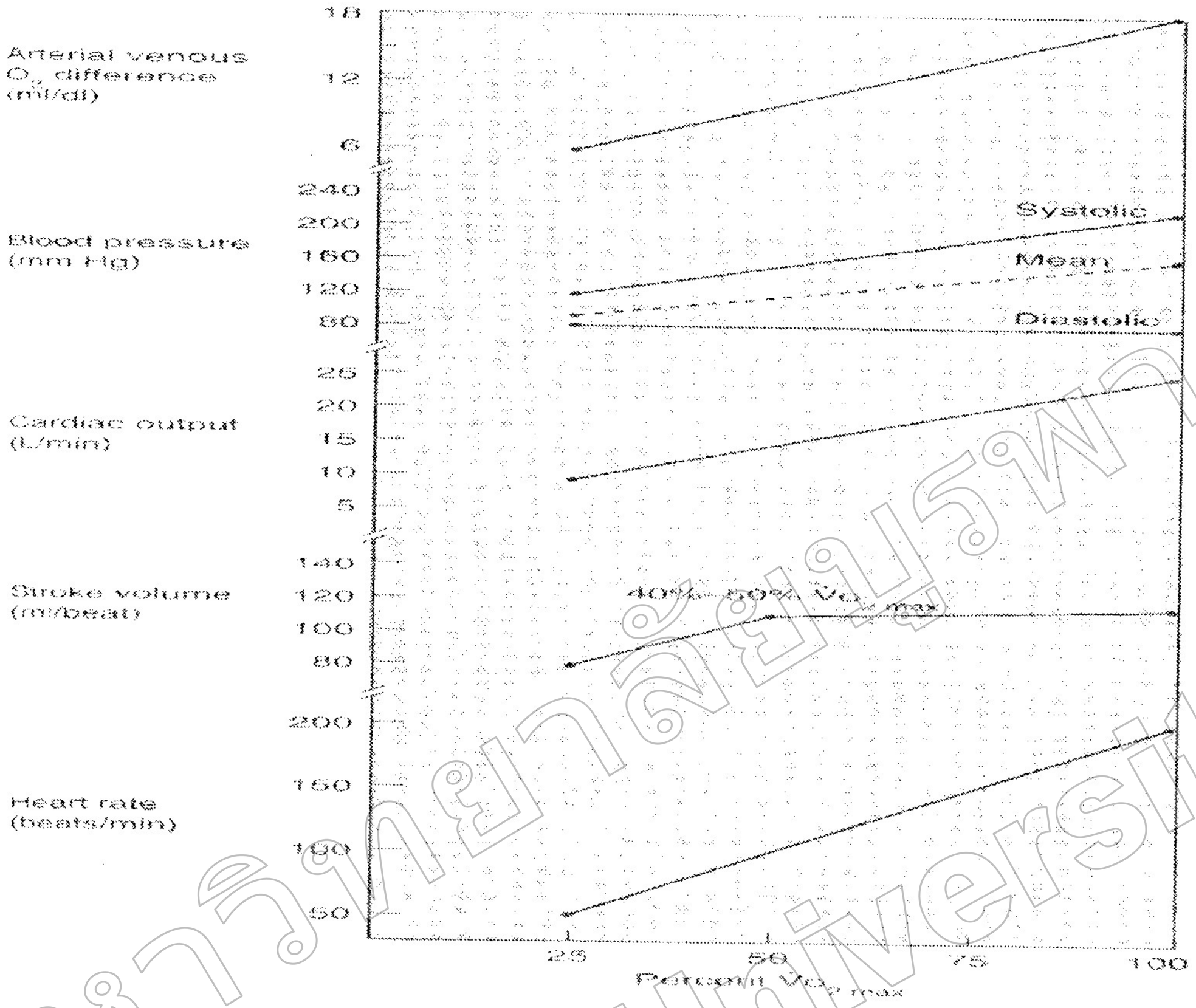
ตารางที่ 6 แสดงค่าร้อยละของการขนส่งออกซิเจนในกล้ามเนื้อสูงสุด (%$V^{\circ}O_2$max) คนทั่วไปกับนักกีฬา

สูตร % $V^{\circ}O_2$ max = $\frac{\text{EHR} - \text{RHR}}{\text{MHR-RHR}}$

Percent max % $V^{\circ}O_2$	
นักกีฬา (Athlete)	คนทั่วไป (Non athlete)
28	20
42	36
56	52
70	68
83	84
100	100

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 1 แสดงตัวแปรของระบบหัวใจและระบบไหลเวียนเมื่อมีการเพิ่มความหนักของงาน (ACSM, 2001)



เอกสารอ้างอิง

ประทุม ม่วงมี (2545). เอกสารประกอบการสอนวิชา Adaptation in Exercise and Sport Science

ACSM Group Exercise Leader/ Health Fitness Instructor. (2001). ACSM'S Health & Fitness Certification Review. Lippincott Williams & Wilkins.

Burke, E. R. (1998). Precision Heart Rate. Champaign, IL; Human Kinetics.

Fletcher, G. F., Balady, G., Froelicher, V.F, Hartley, L.H., Haskell, W.L., & Pollock, M.L. (1995). Exercise standards; a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Circulation. ; 91:580.

Foster, C., & Gasmann, U. (1997). Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. Journal of sport medicine and physical fitness; 37: 7-17

Gutin, B., Howe, C.A., John, M.H., Humphries, M.C., Sneider, H., & Barbeau, P. (2005). Heart rate variability in adolescents: relations to physical activity, fitness, and adiposity **Medicine & Science in Sports & Exercise;** 37:1856-63

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Hasketh, B.J., Seip, R.I., Weltman, J.Y., Regol, A.D., & Weltman, A. (1992). The effect of training intensity on ratings of percieved exertion. International **Journal Sports Medicine;** 13:399-406.

Heaps, C.L., Gonza'les-Alonso, J., & Coyle, E.F. (1994). Hypohydration cause cardiovascular drift without reduce blood volume. **International Journal Sports Medicine;** 15: 74-9

Lehmann, M. J., Lormes, W., Opitz-Gress, A., Steinacker, J. M., Netzer, N., Martin, D. T. & Andersen, M. B. (2000). Heart rate-percieved exercived exertion relationship during training and taper. **Journal of sport medicine and physical fitness;** 40: 201-8

McArdle, W. D., Katch, F. L., & Katch, V. L. (2000). Essentials Of Exercise Physiology. (2nd ed.). Lippincott: William & Wilkins.

Noble, B.J. & Robertson, R.J. (1992). Perceived exertion. Champaign, IL: Human Kinetics.

Shirreffs, S. M. (2000). Markers of hydration status. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness;** 40 (1): 80-4.

Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2004). Physiology of sport and exercise. Champaign, IL: Human Kinetics.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University